

Evaluación Espacio-temporal de los Ensamblajes de Peces en el Sistema Lagunar de Ría Lagartos, México

¹*MIGUEL ANGEL PERALTA-MEIXUEIRO y MARÍA EUGENIA VEGA-CENDEJAS

¹CINVESTAV-Unidad Mérida, Km. 6 Antigua carretera a Progreso, Apdo. Postal 73, Cordemex, 97310, Mérida, Yucatán, México *mperalta024@mda.cinvestav.mx

RESUMEN

Se estudió la composición de los ensamblajes de peces a lo largo de dos ciclos anuales (2004 - 2005 y 2007 - 2008) en una red de 10 estaciones localizadas en el sistema lagunar de la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, México. En cada sitio se registraron los parámetros físicoquímicos (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto) y recolectaron los peces con un chinchorro playero (15 m largo, 2.5 cm abertura malla). Temporalmente se registraron diferencias significativas en la temperatura y el oxígeno disuelto, mientras que espacialmente la salinidad fue la variable significativa que registró valores marinos en la zona de la boca, hasta más de 100 al interior de la laguna. Se colectaron un total de 11,187 individuos con un peso de 138 kg, de los cuales se identificaron un total de 32 familias y 63 especies. Las especies abundantes numéricamente fueron *Floridichthys polyommus* y *Cyprinodon artifrons* (55%), mientras que *Sphoeroides testudineus* fue la que aportó mayor biomasa (71.5%). La composición de especies estuvo integrada por especies estuarinas y marinas eurihalinas en su gran mayoría. Ocho especies resultaron dominantes mediante el IVI y en conjunto aportaron más del 75%. La estructuración de los ensamblajes fue principalmente espacial, por lo que la salinidad fue la variable que mejor se relacionó con la abundancia de las especies (0.861, CCA). El hábitat hipersalino fue el que aportó mayor densidad de organismos, mientras que el canal y marino fueron los que contribuyeron más con la biomasa. Se concluye que la alta riqueza ictiofaunística registrada en el sistema lagunar, se debe a la heterogeneidad de hábitats y a la protección que ofrece a los peces en estadios larvales y juveniles.

PALABRAS CLAVE: Ensamblajes de peces, Ría Lagartos, hábitats

Spatial and Temporal Evaluation of Fish Assemblages in the Lagoon System of Ría Lagartos, Mexico

The composition of the assemblies of fish during two annual cycles (2004 - 2005 and 2007 - 2008) in a network of 10 stations inside the system lagoon in the Reserve of the Biosphere Ría Lagartos, Mexico was studied. In every site the hydrological parameters were registered (temperature, salinity and dissolved oxygen) and the fish were collected with a beach seine (15 m; 2.5 cm mesh size). Seasonal significant differences were registered in the temperature and the dissolved oxygen, whereas spatially the salinity was the significant variable that showed marine values in the zone of the mouth to more than 100 in the interior of the lagoon. A total of 11,187 individuals were collected with a weight of 138 kg, of which a total of 32 families and 63 species were identified. The numerical abundant species were *Floridichthys polyommus* and *Cyprinodon artifrons* (55 %), whereas *Sphoeroides testudineus* was the one with the highest contribution to the biomass (71.5 %). The composition of species was integrated in great majority by estuarine and eurihaline marine species. Eight species turned out to be dominant by means of the IVI and as a whole they contributed more than 75%. The structure of the assemblages was principally spatial, for that reason the salinity was the variable that was best related to the abundance of the species (0.861, CCA). The hypersaline habitat was the one that contributed to the highest density, whereas the channel and marine were those that contributed more to the biomass. It is concluded that the high species richness registered in the lagoon system, is due to habitat heterogeneity and to the protection that the system offer to the fish in larval and juvenile stages.

KEY WORDS: Fish assemblages, Ría Lagartos, habitat

L'évaluation Spatiale et Temporelle des Peuplements de Poissons dans la Lagune Ría Lagartos, Mexique

MOTS CLÉS: Peuplements de poissons, lagune Ría Lagartos, habitat

INTRODUCCIÓN

Los sistemas lagunares presentan condiciones hidrológicas muy particulares que condicionan la vida de los organismos que ahí habitan (Whitfield et al. 2006, Potter et al. 2010); en especial a la fauna íctica. Una de las variables más importantes es la salinidad, ya que tiene una gran influencia en la distribución y abundancia de los organismos, llegando a condicionar la presencia o ausencia de los seres vivos (Ishitobi et al. 2000, Vega-Cendejas y

Hernández 2004). De igual forma, estos sistemas presentan fluctuaciones constantes en otros factores ambientales, tales como, temperatura, oxígeno disuelto entrada de nutrientes y turbidez (Blaber y Blaber 1980, Yáñez-Arancibia y Day 1988, Griffiths 2001, Harrison and Whitfield 2006, Lugendo et al. 2007), por lo que, son pocas las especies que se pueden distribuir a lo largo de todo el sistema (Moyle y Cech, 2000, Selleslagh y Amara 2008), permaneciendo en los sitios donde pueden tolerar dichas

variables. Como es conocido, uno de los componentes faunísticos predominantes en el medio acuático son los peces, ya que se encuentran en todos los hábitats (Day y Yáñez-Arancibia 1985), actúan en todos los niveles tróficos, almacenan energía y pueden utilizar diferentes hábitats a lo largo de los estadios de su desarrollo ontogénico (Yáñez-Arancibia y Nugent 1977). Por tanto una especie puede ocupar uno o diferentes hábitats en su ciclo de vida, lo cual se ha observado en peces de sistemas costeros tanto en etapas juveniles como adultos (Blaber y Blaber 1980, Castro-Aguirre et al. 1999, Moyle y Cech 2000, Laegdsgaard y Johnson 2001, Cocheret de la Morinière et al. 2004).

La laguna costera de Ría Lagartos es un sistema hipersalino designado como Parque Nacional de vida salvaje y protegido por el Gobierno Federal Mexicano desde 1979. Así mismo, está en la lista de Humedales de Importancia Internacional y está protegida como Reserva de la Biosfera donde limitadas actividades humanas son permitidas (Frazier 1999). Gran parte de la laguna esta fuertemente dominada por el gradiente de salinidad el cual puede alcanzar valores de 140 en su zona interna (Valdés y Real 2004). A su vez, en la cuenca de San Felipe se presentan afluentes de agua dulce que disminuyen la salinidad (cercana a 10). Lo anterior da como resultado una gran diversidad de hábitats y por ende un mayor número de organismos que puedan habitar en este lugar. A pesar de todo lo anterior, pocos trabajos han sido realizados en este sistema lagunar y únicamente dos trabajos sobre ictiofauna han sido publicados; Vega-Cendejas y Hernández (2004), García-Hernández et al. (2009).

Considerando que la complejidad de hábitat en estos ambientes hipersalinos es determinante en el patrón estructural espacio-temporal de los ensamblajes ictiofaunísticos, específicamente nosotros evaluamos la composición de los ensamblajes de peces a lo largo de dos ciclos anuales (2004 - 2005 y 2007 - 2008) y analizamos el patrón de distribución espacialmente entre diferentes tipos de hábitat (cinco) y en una base temporal en el sistema laguna de Río Lagartos.

MÉTODOS

Área de Estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el sistema lagunar costero de Ría Lagartos, ubicado al interior de la Reserva de la Biosfera del mismo nombre (21° 26' - 21° 38' NL and 87° 30' y 88° 15' WL). Tiene una extensión de 9,467 ha, una amplitud que varía de 25 m a 3.5 km, una longitud de 80 km y una profundidad entre 0.5 y 2 m (Figura 1). Se comunica con el mar de manera natural a través de la boca de San Felipe y artificialmente por un canal que permanece abierto todo el año frente a la población de Río Lagartos (INE 1994). La baja precipitación, escaso aporte de agua dulce y alta evaporación hacen que el sistema sea básicamente hipersalino en toda su

extensión. El régimen climático presenta tres estaciones: seco (marzo a junio), lluvias (julio a octubre) y nortes (noviembre a febrero) (Herrera y Ramírez 1997). El sistema lagunar al presentar un gradiente muy marcado de salinidad y tipo de sustrato (Valdés y Real 2004), se caracteriza por diferentes tipos de hábitats. Por tal motivo, se identificaron en el sistema cinco hábitats de acuerdo a la salinidad, transparencia y tipo de sustrato (Tabla 1): Hipersalino (H), Rocoso (R), Pastos marinos (S), Canal (C) y Marino (M).

Métodos de Muestreo

Los peces fueron muestreados en dos periodos: bimensualmente (2004 - 2005) y en cada temporada climática (2007 - 2008), ($n = 11$) durante las primeras 6 horas de luz utilizando un chinchorro playero de 15 x 2 m, malla de 25 mm. Se arrastraron 40 m con lo cual se cubrió un área estimada de 263 m² con dos replicas por estación. Al interior de la laguna se seleccionaron 10 estaciones, de las cuales dos correspondieron a cada hábitat (Figura 1). En cada estación de muestreo y previo a la recolecta se registraron por triplicado la temperatura del agua (°C), salinidad y oxígeno disuelto (mg/L) utilizando un multianalizador YSI (Yellow Spring Instrument) model 85. Todos los peces capturados fueron colocados en bolsas etiquetadas y fijados con formalina al 10%. En el laboratorio las muestras se transfirieron a alcohol, se identificaron hasta nivel de especie utilizando referencias especializadas (Fischer 1978, Dickson y Moore 1998, McEachran y Fechhelm 2005), se determinó su longitud estándar ($LE \pm 0.1$ cm) y peso con una balanza granataria (± 0.1 g).

Análisis de Datos

Para determinar las diferencias espaciales y temporales entre las variables hidrográficas, se utilizó el análisis de varianza de una vía (ANOVA), verificando previamente los supuestos de normalidad (Kolmogorov Smirnov) y homogeneidad de varianza (Bartlett y Cochran) (Zar 1999). Si no se cumplían, se transformaron los datos mediante el log ($x+1$) y se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis (Sokal y Rohlf 1998). Para la salinidad se elaboró un mapa de

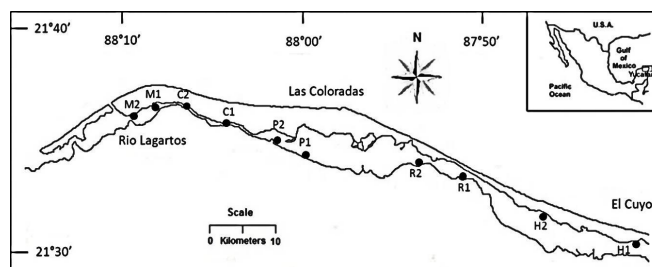


Figura 1. Mapa mostrando el sistema lagunar de Ría Lagartos, México y las estaciones de muestreo. Las letras representan los diferentes tipos de hábitats y los números son replicas en el mismo hábitat.

Tabla 1. Características de los diferentes hábitats propuestos en el sistema lagunar Ría Lagartos, México. * Se refiere al porcentaje de cobertura en cada hábitat.

Hábitat	Salinidad promedio	Transparencia (cm)	Sustrato
Hipersalino (H)	90	< 20	Arenoso
Rocoso (R)	60	< 40	Rocoso
Pastos marinos (P)	40	< 70	Pastos marinos (90%)*
Canal (C)	35	> 110	Lodoso y pastos marinos (40%)
Marino (M)	36	> 110	Arenoso

distribución con valores promedio de todos los muestreos, a lo largo del sistema lagunar, con el programa Surfer (Golden Software 2002).

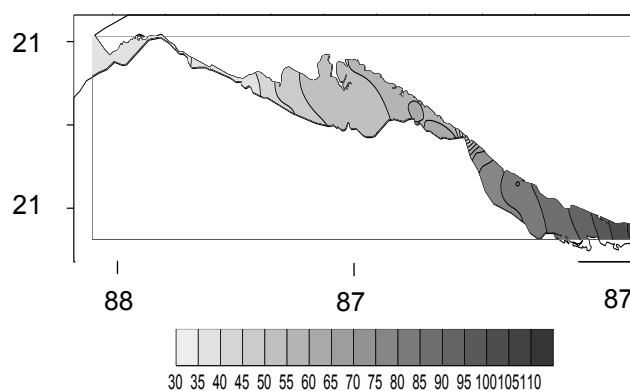
La estructura de la comunidad de peces fue analizada espacial y temporalmente. La densidad y biomasa (estandarizada a 1000 m²) fue transformada logarítmicamente ($\log(x+1)$). De igual forma, se calculó la riqueza de especies (S), equidad de Pielou (J) e índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') (Krebs 1999). La dominancia, se estimó por medio del Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual toma en cuenta la abundancia relativa en densidad (DR), biomasa (BR) y la frecuencia (FR) de cada especie ($IVI = DR + BR + FR$) (Brower y Zar 1977). Este valor va de 0 a 300, por lo que dividiendo entre 3 es referido como el porcentaje de importancia. Las especies que en conjunto formen al menos el 75 % se incluirán como especies dominantes. Se realizó un análisis de similitud entre los peces de cada hábitat (ANOSIM; Clarke y Green 1988), el cual es una prueba no paramétrica que usa una matriz de similitud de Bray Curtis. Este procedimiento realiza una prueba estadística (R), la cual es análoga a un ANOVA. La hipótesis nula a ser probada es que no existen diferencias entre los ensamblajes de peces entre las zonas (Quinn y Keough 2002). Estos análisis multivariados se desarrollaron en el programa estadístico PRIMER v. 5 (Clarke y Gorley 2001). Finalmente, para determinar las relaciones entre ensamblajes biológicos de especies y las variables ambientales, se desarrolló un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) que fue elaborado con la matriz de datos de peces (conjunto dependiente) y la matriz de datos ambientales (conjunto independiente) para conocer la relación entre los ensamblajes de peces y las variables ambientales. Para este análisis se utilizó el Software CANOCO (ter Braak y Smilauer 1998).

RESULTADOS

Temporalmente, la temperatura y el oxígeno disuelto registraron diferencias significativas ($p < 0.001$) (Tabla 2). La temperatura presentó los valores más altos durante la estación de lluvias (29.9°C) y los menores en nortes (24.5°C). El oxígeno disuelto presentó los valores más altos durante los nortes (5.7 mg/L), mientras que los más bajos se registraron en secas (3.4 mg/L) (Figura 2). A su

vez, los valores más altos de salinidad se registraron en la época de secas (57) y menor en lluvias (48). Espacialmente, la temperatura y el oxígeno disuelto no presentaron diferencias estadísticamente significativas; sin embargo, la salinidad mostró un gradiente espacial significativo ($p = 0.05$), registrándose los valores más altos (> 87) al interior de la laguna (hábitats hipersalino y rocoso) y disminuyendo paulatinamente hasta valores marinos en la zona de la boca (37) (Figura 3).

Se recolectaron un total de 11,187 ejemplares distribuidos en 32 familias, 51 géneros y 63 especies (Tabla 3). Las familias con mayor número de especies fueron Gerreidae (8) y Sciaenidae (6), seguidas de Fundulidae, Cyprinodontidae, Syngnatidae, Carangidae, Sparidae, Paralichthyidae y Tetraodontidae con 3. La especie más abundante numéricamente fue *Floridichthys polyommus* (28.6%) seguida de *Cyprinodon artifrons* (26.9%); el resto de especies registraron valores menores del 10% de la abundancia. La biomasa total capturada fue de 137.7 kg, siendo *Sphoeroides testudineus* la especie que aportó mayor biomasa (71.5%), seguida de *F. polyommus* (7.3%); quedando el resto de especies con valores menores del 3%. Las especies con mayor frecuencia de ocurrencia relativa a lo largo de los muestreos fueron *F. polyommus* (12.4%), *S.*

**Figura 2.** Variaciones espacio-temporales en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (± 1 STD).

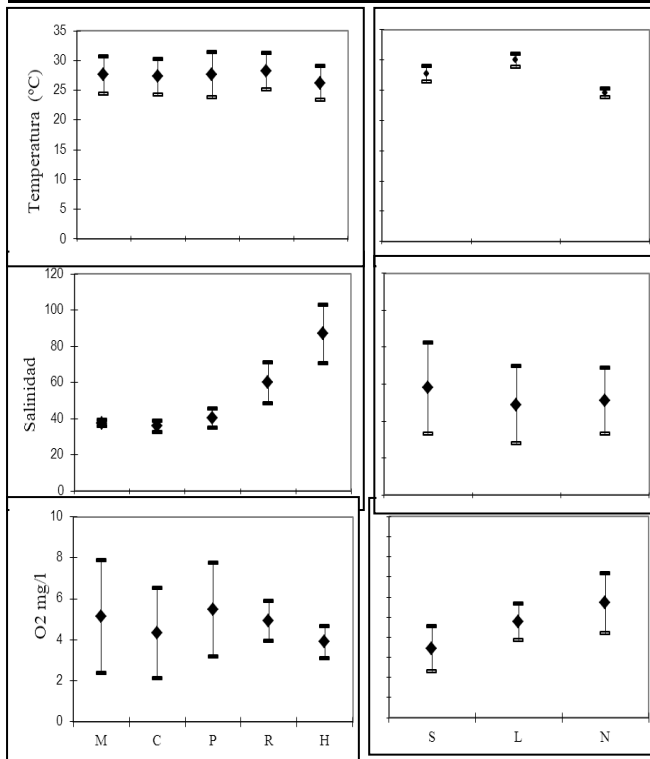


Figura 3. Distribución espacial de la salinidad en el sistema lagunar Ría Lagartos, México.

Tabla 2. Resultados del ANOVA y Kruskal-Wallis* para probar las diferencias significativas en las variables ambientales y para algunos parámetros ecológicos de la comunidad de peces en Ría Lagartos, México.

Variable/Análisis	Espacial (n= 5)	Temporal (n= 3)
Temperatura		
<i>F</i>	1.090	53.38
<i>p</i>	0.365	<0.001
Oxígeno disuelto		
<i>H</i>	*7.113	*15.433
<i>p</i>	0.129	0.001
Salinidad		
<i>H</i>	*82.591	*5.725
<i>p</i>	<0.001	0.571
Diversidad Shannon		
(<i>H</i>)	24.06	0.010
<i>F</i>	<0.001	0.986
<i>p</i>		
Riqueza de especies		
<i>H - F</i>	*29.267	0.210
<i>P</i>	<0.001	0.808
Equidad (<i>J</i>)		
<i>H - F</i>	*29.267	0.990
<i>P</i>	<0.000	0.378
Log densidad		
<i>F</i>	6.060	0.560
<i>P</i>	0.001	0.5737
Log biomasa		
<i>F</i>	18.620	0.430
<i>P</i>	<0.000	0.650

testudineus (10.3%) y *Eucinostomus gula* (7.8%).

Las especies que resultaron dominantes mediante el IVI fueron *S. testudineus*, *F. polyommus*, *C. artifrons*, *E. gula*, *E. argenteus*, *E. harengulus*, *Achirus lineatus* y *Lagodon rhomboides*. Dichas especies en conjunto aportaron más del 75% del IVI. Los parámetros comunitarios como la diversidad, riqueza y equidad presentaron diferencias significativas únicamente de manera espacial. Así mismo, los valores de densidad y biomasa sólo fueron diferentes espacialmente (Figura 2). Por otro lado, el hábitat hipersalino registró los valores más bajos de riqueza, diversidad, equidad y biomasa (Tabla 4), con un gradiente aumentando hacia la boca del sistema lagunar; sin embargo, los valores de densidad fueron los más altos en el hábitat hipersalino debido a la presencia de un gran número de juveniles de *F. polyommus* y *C. artifrons*. Ahora bien, en la época de lluvias se registraron los valores más altos de riqueza, diversidad y equidad; mientras que los más bajos se presentaron en secas. Las mayores densidades y biomasa de peces se registraron en secas, debido a la alta presencia de juveniles de *F. polyommus* y *E. gula* y *S. testudineus*. Respecto a las categorías ecológicas, únicamente se registraron dos especies dulceacuícolas (*Poecilia velifera* y *Cichlasoma urophthalmus*); seis estuarinas, y el resto marinas, siendo mayor el número de eurihalinas.

La prueba ANOSIM de una vía con 999 permutaciones, indicó diferencias significativas en la composición de ensamblajes de peces entre los diferentes hábitats ($R = 432$, $p < 0.05$) excepto para los hábitats Pastos marinos – Marino. Respecto al análisis temporal no se observaron diferencias significativas globales ($R = 0.02$, $p = 0.12$), pero sí entre Nortes-Secas ($R = 0.068$, $p < 0.02$) (Tabla 5). De acuerdo al CCA los primeros dos ejes explicaron el 84.3% de la varianza acumulada en el bi-plot de especies-variables ambientales (eje 1, 62.9%; eje 2, 21.4%). Los valores de correlación mostraron que la salinidad es la variable ambiental más importante que actúa en la estructuración de los ensamblajes de peces (axis 1, 0.861); A su vez, la temperatura registró el valor más alto para el eje 2 (0.31). La dirección de los dos vectores (salinidad y temperatura) fue casi perpendicular, indicando que los efectos de estos factores sobre los ensamblajes de peces son independientes. Ambas variables fueron significativamente correlacionadas con los ejes de ordenación ($p < 0.001$). La composición de la ictiofauna estuvo relacionada inversamente con la salinidad, sólo la especie *C. artifrons* y en menor cantidad *E. saurus*, mostraron preferencia por esta variable (Figura 4). *F. polyommus*, *Diapterus auratus* y *Menidia colei* estuvieron muy relacionadas con el oxígeno disuelto. Las especies *Dasyatis americana*, *Achirus lineatus* y *Lagodon rhomboides* se relacionaron con la temperatura. Espacialmente, el hábitat H se ordenó inversamente del resto de hábitats estando altamente correlacionado con la salinidad, los hábitats M y C quedaron del lado positivo del eje 1, mientras que R y P,

Tabla 3. Lista de las especies de peces registradas en Ría Lagartos, México, ordenadas de acuerdo a la clasificación de Nelson (2006). LE: longitud estándar; n: número de individuos; ED: estadio de crecimiento (J: juveniles; A: adultos); CE: categoría ecológica (ME: marino eurihalino; E: Estuarino; D: dulceacuicola, ME: marino estenohalino); H: hábitat (M: marino, C: canal, P: Pasto marino, R: rocoso, H: hipersalino).

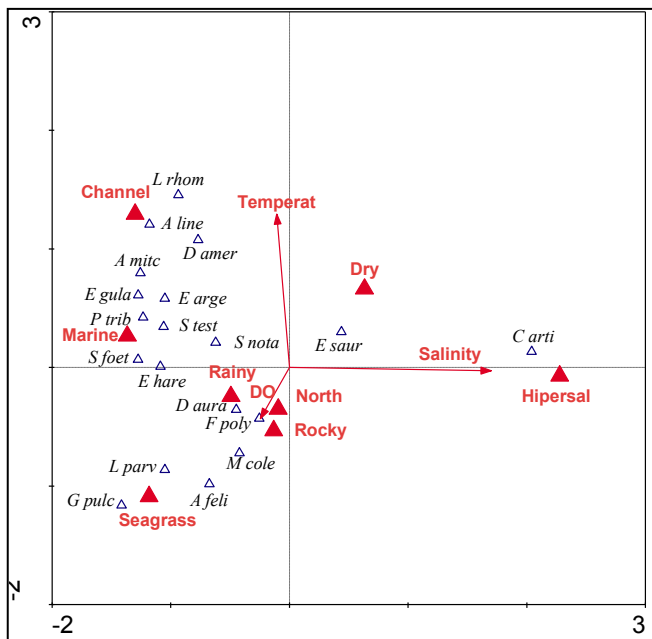
Familia	Especie	LE (mm)	n	ED	CE	H
Dasyatidae	<i>Dasyatis americana</i>	650	2	J	ME	M,P
Gymnuridae	<i>Gymnura micrura</i>	155	1	J	MS	M
Elopidae	<i>Elops saurus</i>	42-270	29	J, A	ME	M,C,P,R,H
Engraulidae	<i>Anchoa mitchilli</i>	16-51	78	J, A	ME	M,C,P,R,H
Clupeidae	<i>Harengula jaguana</i>	24-74	12	J	ME	M,C
Ariidae	<i>Ariopsis felis</i>	40-205	101	J, A	ME	C,P,R
Synodontidae	<i>Synodus foetens</i>	34-253	32	J, A	ME	M,C,P
Batrachoididae	<i>Opsanus beta</i>	25-200	15	J, A	ME	M,C,P,R
	<i>Opsanus phobethron</i>	98	1	J	MS	M
Mugilidae	<i>Mugil curema</i>	72-95	4	J	ME	M,R
	<i>Mugil trichodon</i>	67-192	12	J, A	MS	M,C
Atherinopsidae	<i>Menidia colei</i>	10-42	259	J, A	ME	M,C,P,R,H
	<i>Menidia peninsulae</i>	20-33	6	J, A	ME	C,R,H
Hemiramphidae	<i>Chriodorus atherinoides</i>	116-187	11	J	ME	M
	<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	180-242	5	J	ME	M
Belonidae	<i>Strongylura notata</i>	32-405	63	J	ME	M,C,P,R,H
	<i>Strongylura timucu</i>	300-355	3	J	ME	C,P
Fundulidae	<i>Fundulus grandissimus</i>	47-117	25	J, A	E	P,R,H
	<i>Fundulus persimilis</i>	73-87	3	J, A	E	M,P
	<i>Lucania parva</i>	11-58	77	J, A	E	M,C,P,R,H
Cyprinodontidae	<i>Cyprinodon artifrons</i>	8-57	3007	J, A	E	C,P,R,H
	<i>Floridichthys polyommus</i>	7-91	3198	J, A	E	M,C,P,R,H
	<i>Garmanella pulchra</i>	6-30	350	J, A	E	M,C,P
Poeciliidae	<i>Poecilia velifera</i>	27-52	58	J, A	F	M,P,R
Syngnathidae	<i>Hippocampus erectus</i>	82	1	J	MS	C
	<i>Syngnatus makaxi</i>	33-78	26	J, A	ME	M,C,P,R
	<i>Syngnatus scovelli</i>	45-62	3	J, A	ME	P
Triglidae	<i>Prionotus tribulus</i>	15-85	19	J	ME	M,C,P
Carangidae	<i>Caranx latus</i>	96	1	J	ME	M
	<i>Oligoplites saurus</i>	88	1	J	ME	C
	<i>Selene vomer</i>	23	1	J	ME	M
Lutjanidae	<i>Lutjanus griseus</i>	57-138	10	J	ME	M,C,P
Gerreidae	<i>Diapterus auratus</i>	21-115	63	J, A	ME	C,P,R,H
	<i>Diapterus rhombeus</i>	43-50	4	J	ME	R
	<i>Eucinostomus argenteus</i>	13-91	542	J, A	ME	M,C,P,R,H
	<i>Eucinostomus gula</i>	11-80	789	J	ME	M,C,P,R
	<i>Eucinostomus harengulus</i>	12-150	455	J, A	ME	M,C,P,R,H
	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	69	1	J	ME	M
	<i>Eugerres plumieri</i>	32-90	20	J	ME	C,P,R
	<i>Gerres cinereus</i>	53-100	15	J	ME	M,C
Haemulidae	<i>Ortopristis chrysoptera</i>	25-111	12	J	ME	M,C
Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i>	48-85	3	J	ME	P
	<i>Archosargus rhomboidalis</i>	44-78	5	J	ME	M,P
	<i>Lagodon rhomboides</i>	13-115	398	J	ME	M,C,P
Sciaenidae	<i>Bairdiella chrysoura</i>	50-101	13	J	ME	C,S
	<i>Bairdiella ronchus</i>	133	1	J	ME	P
	<i>Cynoscion arenarius</i>	31-99	1	J	ME	P
	<i>Cynoscion nebulosus</i>	24-248	19	J, A	ME	M,S,R
Continúa						
Familia	Especie	LE (mm)	n	ED	CE	H
	<i>Menticirrhus americanus</i>	30	1	J	ME	C
	<i>Micropogonias furnieri</i>	23	1	J	ME	P
Cichlidae	<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	15-77	17	J	D	C,P
Gobiidae	<i>Gobiosoma robustum</i>	21-35	12	J, A	ME	M,P,R
Ehippididae	<i>Chaetodipterus faber</i>	50-277	2	J	ME	M,P
Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i>	138-325	10	J	MS	M,C,R
Paralichthyidae	<i>Citharichthys spilopterus</i>	142	1	J	ME	P
	<i>Paralichthys albigutta</i>	59-66	4	J	ME	M
	<i>Syacium gunteri</i>	130	1	J	ME	C
Achiridae	<i>Achirus lineatus</i>	15-93	216	J	ME	M,C,P,R
Cynoglossidae	<i>Symphurus plagiusa</i>	45-75	5	J	ME	M,C
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides nephelus</i>	63-95	2	J	MS	M
	<i>Sphoeroides spengleri</i>	67	1	J	ME	R
	<i>Sphoeroides testudineus</i>	25-213	1149	J, A	ME	M,C,P,R
Diodontidae	<i>Chilomycterus shoepfi</i>	31-96	9	J	ME	M,C,P
Total			11187			

Tabla 4. Parámetros ecológicos considerando cada tipo de hábitat en Ría Lagartos, México (H: hipersalino, R: rocoso, P: pastos marinos, C: canal, M: marino) y temporadas (S: secas, L: lluvias, N: nortes).

	Hábitat					Temporada		
	H	R	P	C	M	S	L	N
Riqueza de especies (N)	13	26	40	37	42	44	50	45
Diversidad (H)	1.09	2.55	3.28	3.48	3.17	1.86	1.91	1.89
Equidad	0.29	0.54	0.62	0.67	0.59	0.55	0.64	0.58
Densidad (1000 m ²)	5388	174.1	466.4	222.6	331.1	395.7	314.0	342.4
Biomasa (1000 m ²)	609.2	1861.0	6059.0	2214.7	10552.3	5366.7	3594.6	4093.3

Tabla 5. Valor estadístico R y su nivel de significancia para comparaciones pareadas de las especies de los hábitats y temporadas usando ANOSIM ($p < 0.05$). H: hipersalino, R: rocoso, P: pastos marinos, C: canal, M: marino.

Diferencias entre hábitats y entre temporadas	Valor R
H – R	0.312*
H – P	0.600*
H – C	0.895*
H – M	0.900*
R – P	0.115*
R – C	0.435*
R – M	0.393*
P – C	0.182*
C – M	0.236*
Nortes – Secas	0.680**

**Figura 4.** Bi-plot del Análisis de Correspondencia Canónica. La longitud y dirección de los ejes indican la importancia relativa y fuerza de cambio en las variables ambientales. El eje 1 y 2 tienen eigen valores de 0.629 y 0.214 respectivamente. Los hábitats y temporadas son indicados. Se muestran solamente las especies hasta el 90% del IVI. La abreviación de las especies se refiere a la primera letra del

del lado negativo. Temporalmente la época de secas estuvo influenciada por la salinidad, mientras que lluvias y nortes por el oxígeno disuelto.

DISCUSIÓN

El sistema lagunar de Ría Lagartos, es de tipo hipersalino con los valores más altos en la zona interna de la laguna disminuyendo gradualmente hacia la boca, lo cual crea una complicada matriz de factores fisicoquímicos que regulan la abundancia y distribución de los ensamblajes de la ictiofauna. Aunque es conocido que en la Península de Yucatán los ríos son subterráneos, su contribución a este sistema lagunar es muy bajo, por lo tanto la salinidad fue la variable que tuvo mayor influencia en la composición de especies. Esto queda de manifiesto, al registrarse una mayor riqueza de especies en la zona de la boca (42 especies), disminuyendo notablemente hacia el interior de la laguna (13 especies). De igual manera, la diversidad de peces fue más baja en la zona hipersalina (1.08) que en la zona marina (3.48).

Las especies dominantes fueron *F. polyommus*, *C. artifrons*, *S. testudineum*, *E. gula* y *E. argenteus* que han sido reportadas también como dominantes en la región (Vega-Cendejas y Hernández (2004), Arceo-Carranza y Vega Cendejas 2009). Tanto *F. polyommus* como *C. artifrons* son especies estuarinas pequeñas (< 10 cm) pero con elevada abundancia numérica (> 55% del total) debido a su capacidad fisiológica para tolerar valores altos de salinidad, por lo que pueden distribuirse abundantemente en los hábitats hipersalino y rocoso, donde el bajo número de especies disminuye las interacciones de competencia (Colburn 1988). Así mismo, se observó que los individuos de estas especies conforme crecían, se desplazaban hacia los hábitats menos salinos, probablemente como respuesta para reducir la competencia con otras cohortes o por alimentación.

La composición de especies estuvo dominada por el componente marino eurihalino (78%), seguida de los peces estuarinos (13%) y un gran número de ellos se encontraban en etapas juveniles (de acuerdo a su talla). De igual forma, García-Hernández et al. (2009) al estudiar el ictioplancton de cuatro sistemas lagunares encontraron que Ría Lagartos presentó los valores de densidad más altos, lo cual sugiere la importancia del sistema como área de crianza, refugio y alimentación para especies marinas muchas de las cuales

son de importancia comercial (*Lutjanus griseus*, *Cynoscion areanrius*, *C. nebulosus*). Únicamente se registraron dos especies dulceacuícolas debido a que los valores de salinidad nunca fueron menores a 25 (*Cichlasoma urophthalmus*, *Poecilia velifera*).

Por otra parte, la densidad media y la biomasa media se observaron de manera antagónica, ya que mientras en la zona hipersalina se tuvo la mayor densidad (539 ind./1000 m²), en la zona del canal se redujo a menos de la mitad (223 ind./1000 m²), pero los valores más altos de biomasa se registraron en la zona marina (10,552 g/1000 m²) y los menores en la zona hipersalina (609 g/1000m²). La riqueza de especies obtenida en este trabajo está por debajo de la media si se compara con trabajos realizados en la misma zona geográfica (Raz-Guzmán y Huidobro 2002, Vega-Cendejas 2004, Arceo-Carranza y Vega-Cendejas 2009) debido a que no fue un muestreo exhaustivo; sin embargo, mucha de la composición de peces en los sistemas lagunares es debida a la presencia de especies marinas ocasionales que únicamente son recolectadas una vez durante todo el periodo de muestreo (*G. micrura*, *H. erectus*, *C. latus*, *S. vómer*, *C. arenarius*, *M. furnieri*, entre otros), por lo que un factor muy importante es el tamaño de la boca del sistema lagunar y el tiempo de apertura que permita la comunicación laguna – océano (James et al. 2007, Mendoza 2009).

Simier et al. (2004), mencionan que la alta diversidad registrada en los sistemas lagunares puede ser debida al: a) establecimiento de muchas especies marinas por la comunicación permanente con el océano y la presencia de afluentes de agua dulce; y b) heterogeneidad de hábitats (camas de pastos marinos, raíces de manglar, fondos lodosos, florecimientos de agua dulce) que favorecen la colonización de diferentes especies. Por su parte Gratwicke y Speight (2005), afirman que la complejidad del hábitat, sobre todo la rugosidad, variedad de formas de crecimiento y altura, son las características que favorecen la abundancia y riqueza de especies. El sistema lagunar Ría Lagartos cuenta con las características antes descritas lo que favorece la riqueza y diversidad de especies; sin embargo, dado que la salinidad se incrementa rápidamente hacia el interior de la laguna debido a la morfología propia del sistema lagunar y la alta dominancia de pocas especies, hacen que la composición de especies y diversidad total no sea más alta. Del total de especies registradas, sólo ocho se distribuyen a lo largo de todos los hábitats, mientras que son 21 las especies que se recolectaron únicamente en uno de los hábitats; de los cuales, nueve son exclusivas del hábitat marino, cuatro se encontraron sólo en el canal, seis en los pastos marinos y dos en el hábitat rocoso.

La prueba ANOSIM muestra una variación significativa entre las características hidrológicas y biológicas (tipo de sustrato), con excepción de los pastos marinos y marino, esto es debido a las diferencias hidrológicas y biológicas en cada uno de los hábitats como es la salinidad, el oxígeno disuelto, la turbidez, el tipo de sustrato y la

presencia de pastos marinos, lo que permite la distribución de los peces de acuerdo a sus requerimientos en cada etapa de su desarrollo ontogénico. De acuerdo al CCA la salinidad fue la variable que tuvo mejor relación con la abundancia de especies (0.861), y como era de esperar, el hábitat hipersalino tuvo una relación directa con ésta variable. Aunque el oxígeno presentó una baja relación con los peces, estuvo muy relacionado con la época de nortes debido a que los fuertes vientos, que pueden durar una semana, aumentan el oxígeno del agua pero disminuyen la temperatura. Trabajos como los de Wyda et al. (2002), Huxham et al. (2004) y Bloomfield y Gillanders (2005) indican que las zonas con vegetación acuática sumergida y una mayor complejidad estructural son más ricas en especies debido a la protección y alimento que estas proporcionan lo cual se pudo observar ya que los hábitats Marino y Canal fueron los que tuvieron la mayor composición de especies.

A pesar de que en la zona de influencia marina se registró una mayor diversidad y riqueza de especies, todos los tipos de hábitat son importantes para mantener la diversidad íctica regional (Gratwicke y Speight 2005), ya que algunas especies a lo largo de su desarrollo ontogénico utilizan diferentes tipos de hábitats (Nagelkerken et al. 2001, Concheret de la Morinière et al. 2004, Lazzari et al. 2003). Así mismo, este sistema lagunar es una reserva de la Biosfera por lo que entender la función de cada hábitat y la relación entre ellos en un ambiente heterogéneo, es esencial para el manejo integral de estos ecosistemas. Por tal motivo es fundamental la conservación de cada uno de estos ambientes que garantizan la sobrevivencia de las diferentes especies ícticas.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a Domingo Blanqueto, Elvia Mendoza, Karla Vargas, Daniel Arceo, Alex Acosta, Cesar Mex, Judith Masunt, Víctor García, Gaspar Marfil and Walter Canto por su ayuda en campo. Estamos especialmente agradecidos con Mirella Hernández de Santillana por su valiosa ayuda en laboratorio y proceso de muestras de peces. Así mismo, agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada durante la investigación doctoral del primer autor.

LITERATURA CITADA

- Arceo-Carranza, D. and M.E. Vega-Cendejas. 2009. Spatial and Temporal characterization of fish assemblages in a tropical coastal system influenced by freshwater inputs: northwestern Yucatan peninsula. *Revista de Biología Tropical* 57:89-103
- Blaber, S.J. and T.J. Blaber. 1980. Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. *Journal Fish Biology* 17:43-162
- Bloomfield, A. and B. Gillander. 2005. Fish and invertebrate assemblages in Seagrass, Mangrove, Saltmarsh, and nonvegetated habitat. *Estuaries* 28:63-77
- Castro-Aguirre, J.L., H.S. Espinosa-Pérez, y J.J. Shmitter Soto. 1999. *Ictiofauna Estuarino Lagunar y Vicaria de México*. Colección Textos Politécnicos, Series Biológicas. Limusa-Noriega. México. 711 pp.
- Clarke, K.R. and R.H. Green. 1988. Statistical Design and Analysis for a 'Biological Effects' Study. *Marine Ecology Progress Series* 46:280
- Clarke, K.R. and R. Gorley. 2001. *PRIMER V5: User Manual / Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth, United Kingdom 91 pp.

- Cocheret de la Morinière, E., I. Nagelkerken, H. van der Meij, and H. van der Velde. 2004. What attracts juvenile coral reef fish to mangroves: habitat complexity or shade? *Marine Biology* **144**:139-145
- Colburn, E.A. 1988. Factors influencing species diversity in saline waters of Death Valley. *Hydrobiologia* **158**:215-226
- Day Jr, J.W. and A. Yáñez-Arancibia. 1985. Coastal lagoons and estuaries as an environment for nekton. Pages 17-34 in: A. Yáñez-Arancibia (ed.) *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration*. Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico.
- Fischer, W. 1978. *FAO Species Identification Sheets for Fishery Purposes. Western Central Atlantic, Vol. I-VII*. FAO, Rome, Italy.
- Frazier, S. 1999. A directory of wetlands of international importance: an update. Ramsar Convention Bureau. Compact disk.
- García-Hernández, V., U. Ordóñez-López, T. Hernández-Vázquez, and J. Álvarez-Cadena. 2009. Fish larvae and juvenile checklist (Pisces) from the northern Yucatán Peninsula, Mexico, with 39 new record for the region. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **80**:85-94
- Golden Software (2002) Surfer v. 8.01 Surface Mapping System. Colorado USA.
- Gratwicke, B. and M.R. Speight. 2005. The relationship between fish species richness, abundance and habitat complexity in a range of shallow tropical marine habitats. *Journal of Fish Biology* **66**:650-667.
- Harrison, T.D. and A.K. Whitfield. 2006. Temperature and salinity as primary determinants influencing the biogeography of fishes in South African estuaries. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **66**:335-345.
- Herrera, S.J. and J.R. Ramírez. 1997. Salinity and nutrients in the coastal lagoons of Yucatan, México. *Verhandlungen International Verein Limnology* **6**:1473-1478
- Hoeese, H.D. and H. Moore. 1998. *Fishes of the Gulf of México, Texas Louisiana and Adjacent Waters*. Texas A & M, University Press, College Station, Texas USA. 422 pp.
- Huxham, M., E. Kimani, and J. Augley. 2004. Mangrove fish: a comparison of community structure between forest and cleared habitats. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **60**:637-647
- INE. 1994. *Programa de Manejo de la Reserva Especial de la Biosfera de Ria Lagartos*, Yucatán. Sedesol, Mexico
- Ishitobi, Y., J. Hiratsuka, H. Kuwabara, and M. Yamamuro. 2000. Comparison of fish fauna in three areas of adjacent eutrophic estuarine lagoons with different salinities. *Journal of Marine Systems* **26**:171-181
- James, N.C., P.D. Cowley, A.K. Whitfield, and S.J. Lamberth. 2007. Fish communities in temporary open/closed estuaries from warm- and cool-temperate regions of South Africa: a review. *Review in Fish Biology Fisheries* **17**:565-580.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. Addison-Wesley, California
- Laegdsgaard, P. and C. Johnson. 2001. Why do juvenile fish utilize mangrove habitats? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **257**:229-253
- Lazzari, M.A., S. Sherman, and J.K. Kanwit. 2003. Nursery use of shallow habitats by epibenthic fishes in Maine nearshore waters. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **56**:73-84
- Lugendo, B., A. Groene, I. Cornelissen, A. Pronker, I. Nagelkerken, G. van der Velde, and Y. Mgaya. 2007. v Spatial and temporal variation in fish community structure of a marine embayment in Zanzibar, Tanzania. *Hydrobiologia* **586**:1-16
- McEachran, J.D. and J.D. Fechhelm. 2005. *Fishes of the Gulf of Mexico, Volumes 1 and 2*. University of Texas Press, Austin, Texas USA. 2214 pp.
- Mendoza, E., M. Castillo-Rivera, R. Zárate-Hernández, and S. Ortiz-Burgos. 2009. Seasonal variations in the diversity, abundance, and composition of species in an estuarine fish community in the Tropical Eastern Pacific, Mexico. *Ichthyological Research* **56**:330-339
- Moyle, P.B. and J.J. Cech. 2000. *Fishes: An Introduction to Ichthyology*. Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey USA. 612 pp.
- Nagelkerken, I., S. Kleijnen, T. Klop, R.A. van der Brand, E. Cocheret de la Moriniere, and G. van der Velde. 2001. Dependence of Caribbean reef fishes on mangroves and seagrass beds as nursery habitats: a comparison of fish faunas between bays with and without mangroves/seagrass beds. *Marine Ecology Progress Series* **214**:225-235
- Potter, I., B. Chuwen, S. Hoeksema, and M. Elliot. 2010. The concept of an estuary: A definition that incorporates systems which can become closes to the ocean and hypersaline. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **87**:497-500
- Quinn, G. and M. Keough. 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Raz-Guzmán, A. and L. Huidobro. 2002. Fish communities in two environmentally different estuarine systems of Mexico. *Journal of Fish Biology* **61**:182-195
- Selleslagh, J. and R. Amara. 2008. Environmental factors structuring fish composition and assemblages in a small macrotidal estuary (eastern English Channel). *Estuarine Coastal and Shelf Science* **79**:507-517
- Simier, M., L. Blanc, C. Aliaume, P.S. Diouf, and J.J. Albaret. 2004. Spatial and temporal structure of fish assemblages in an "inverse estuary", the Sine Saloum system (Senegal). *Estuarine Coastal and Shelf Science* **59**:69-86
- Sokal, R. and F. Rohlf. 1998. *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. Freeman and Company, New York, New York USA. 680 pp.
- ter Braak, C.J.F. and P. Smilauer. 1998. *CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination, Version 4*. Microcomputer Power, Ithaca, New York USA. 351 pp.
- Valdés, D.S. y Real, E. 2004. Nitrogen and phosphorus in water and sediments at Ria Lagartos coastal lagoon, Yucatan, Gulf of Mexico. *Indian Journal of Marine Science* **33**:338-345.
- Vega-Cendejas, M. 2004. Ictiofauna de la Reserva de la Biosfera de Celestún, Yucatán: una contribución al conocimiento de su diversidad. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ser. Zoo.* **75**:193-206
- Vega-Cendejas, M.E. and M. Hernández. 2004. Fish community structure and dynamics in a coastal hypersaline lagoon: Rio Lagartos, Yucatán México. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **60**:285-299
- Williams, W.D. 1998. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiologia* **381**:191-201
- Whitfield, A.K., R.H. Taylor, C. Fox, and P. Cyrus. 2006. Fishes and salinities in the St Lucia estuarine system- a review. *Review in Fish Biology Fisheries* **16**: 1-20
- Wyda, J.C., L.A. Deegan, J.E. Hughes, and M.J. Weaver. 2002. The response of fishes to submerged aquatic vegetation complexity in two ecoregions of the mid-Atlantic Bight: Buzzards Bay a Chesapeake Bay. *Estuaries* **25**:86-100
- Yáñez-Arancibia, A., Nugent. 1977. El papel ecológico de los peces en estuarios y lagunas costeras. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología* **4**:107-114.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Inc, Upper Saddle River, New Jersey USA. 620 pp.